

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ ⑯ DE 43 31 499 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
H 03 B 5/12  
H 03 B 5/18

⑯ ⑯ Aktenzeichen: P 43 31 499.6  
⑯ ⑯ Anmeldetag: 16. 9. 93  
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 30. 3. 95

⑯ ⑯ Anmelder:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

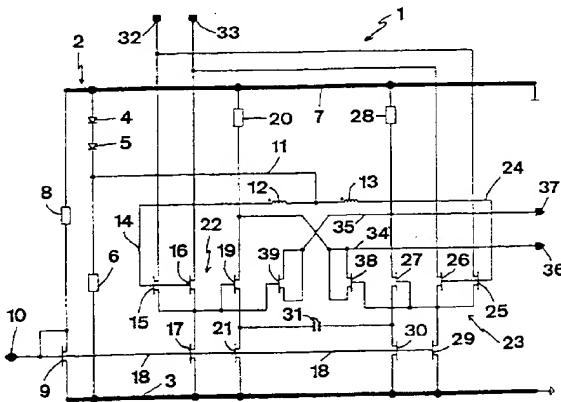
⑯ ⑯ Vertreter:  
Rackette, K., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 79098  
Freiburg

⑯ ⑯ Erfinder:  
Wang, Zhigong, Dr., 79224 Ummkirch, DE; Berroth,  
Manfred, Dr., 79395 Neuenburg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ ⑯ Schwingkreis

⑯ Ein Schwingkreis (1) weist zwei Verstärkerstufen (22, 23) auf. Die Schwingkreiskapazitäten sind durch die Bauelemente (15, 16, 19, 25, 26, 27) der Verstärkerstufen (22, 23) gebildet. Die Schwingkreisinduktivitäten sind durch zwei jeweils an den Eingängen der Verstärkerstufen (22, 23) angeschlossene, mit ihren anderen Enden miteinander verbundene und an eine Versorgungsspannung angeschlossene Induktivitäten (12, 13) gebildet. Die Verstärkerstufen (22, 23) sind über einen Kondensator (31) kapazitiv und über Transistoren (38, 39) neutral kompensiert miteinander gekoppelt. Durch das beidseitige, symmetrische Anschließen der Induktivitäten (12, 13) an die Verstärkerstufen (22, 23) ist ein vollkommen symmetrischer, streustrahlungssarmer Aufbau des Schwingkreises (1) erreicht, so daß Oszillationsfrequenzen im Bereich von mehreren 10 Gigahertz mit voll balancierten Teilsignalen erzeugbar sind.



DE 43 31 499 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 95 508 013/15

9/32

DE 43 31 499 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Schwingkreis mit wenigstens zwei kapazitätsbehafteten Verstärkerstufen, deren versorgungsspannungsseitigen Ausgänge paarweise über eine Kapazität miteinander gekoppelt sind, und wenigstens einer Induktivität, die mit dem Eingang wenigstens einer Verstärkerstufe verbunden ist.

Das Schaltbild eines derartigen Schwingkreises ist in der Publikation "Multigahertz Varactorless Si Bipolar VCO IC" von Z. Wang in Electronics Letters 28, Seiten 548 bis 549 (1992) bekannt. Der Schwingkreis ist in bipolärer Siliziumtechnologie als integrierter Schaltkreis aufgebaut. Die Schaltung weist zwei Darlington-Verstärker mit jeweils zwei parallel geschalteten Eingangstransistoren und einen Ausgangstransistor auf, die mit ihren ausgangsseitigen Emitteranschlüssen kapazitiv miteinander gekoppelt sind und zwei Teilsignale liefern. Die Kapazität besteht aus zwei jeweils mit ihren Emitteranschlüssen und Kollektoranschlüssen miteinander verbundenen und mit ihren Basisleitungen an die Emitterausgangsleitungen der Ausgangstransistoren angeschlossenen Koppeltransistoren.

Die Basisanschlüsse der Eingangstransistoren der beiden Darlington-Verstärker sind jeweils über eine aus Widerständen gebildete Spannungsteilerschaltung an eine negative Versorgungsspannung angeschlossen. An den Basisanschlüssen der Eingangstransistoren eines Darlington-Verstärkers ist eine offene Mikrostreifenleitung als Schwingkreisinduktivität angeschlossen. An die Basisanschlüsse der Eingangstransistoren des zweiten Darlington-Verstärkers ist die Basis eines Transistors angeschlossen, dessen Kollektor- und Emitteranschlüsse an einer Schaltmasseleitung des Schaltkreises angeschlossen sind.

Bei diesem Schwingkreis ist die Oszillationsfrequenz wesentlich durch die Länge der offenen Mikrostreifenleitung bestimmt. Sie ist an den etwa 0,8 Millimeter auf ein 1 Millimeter großen integrierten Schaltkreis als ein externes Bauelement mit einer Länge von etwa 23 Millimeter angeschlossen. Durch Verändern der Länge der offenen Mikrostreifenleitung um wenige Millimeter läßt sich die Oszillationsfrequenz etwa 500 Megahertz um die Oszillationsfrequenz von im wesentlichen 2 Gigahertz einstellen. Als ein weiteres Frequenzabstimmelement dient ein extern an einen Eingangstransistor des ersten Darlington-Verstärkers als regelbarer Widerstand angeschlossenes Potentiometer. Mit dem Potentiometer ist die Oszillationsfrequenz in einem Bereich von 60 Megahertz einstellbar. An den anderen Eingangstransistor des ersten Darlington-Verstärkers ist kollektorseitig eine einstellbare negative Abstimmspannung gelegt. Durch Änderungen in der Versorgungsspannung und der Abstimmspannung ist die Oszillationsfrequenz nochmals um etwa 10 Megahertz verschiebbar.

Obwohl ein derartiger Schwingkreis mit einer bei halber Intensität gemessenen Linienbreite von 25 Kilohertz bei einer Oszillationsfrequenz von 2,3 Gigahertz sehr schmalbandig und über einen Frequenzbereich einstellbar ist, erweist sich die extern an den integrierten Schaltkreis angebrachte Mikrostreifenleitung als nachteilig. Durch das offene Ende der Mikrostreifenleitung wirkt diese als Antenne, welche mit der Oszillationsfrequenz in den integrierten Schaltkreis rückkoppelt. Zudem führt eine derart lange Leitung zu einem verhältnismäßig großen Gesamtaufbau der Schaltung. Weiterhin hat es sich als sehr schwierig erwiesen, eine derart-

ge Schaltung für den höheren Gigahertzbereich auszulegen, da die Rückkopplungen bei höheren Frequenzen zu nicht tolerierbaren Störungen und Instabilitäten führen. Schließlich ergibt sich durch den unsymmetrischen

5 Aufbau ein erschwertes Ausbalancieren der durch die beiden Darlington-Verstärker gebildeten und kapazitiv miteinander gekoppelten Teilsignale.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Schwingkreis zu schaffen, der sich bei einem sehr kleinen Gesamtaufbau durch ausgeglichene Teilsignale hoher Güte und sehr geringe Streufelder auszeichnet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Eingänge jeder Verstärkerstufe über jeweils eine Induktivität mit einer Spannung beaufschlagbar sind.

15 Dadurch, daß die Eingänge jeder Verstärkerstufe über Induktivitäten an die Versorgungsspannung angeschlossen sind, ist ein sehr kleiner, symmetrischer Gesamtaufbau erreicht und eine Antennenwirkung der Schwingkreisinduktivitäten unterbunden. Nunmehr ist jede Verstärkerstufe eingangsseitig in gleicher Weise mit einer stromkreismäßig geschlossenen Induktivität beschaltet, so daß nur äußerst geringe, nicht störende Streufelder auftreten. Durch den symmetrischen Aufbau sind bei einer gleichen Auslegung sich entsprechender Bauelemente die Teilsignale im wesentlichen vollständig balanciert.

20 In einem Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß Schwingkreises ist die Schaltung in einer mikroelektronischen Technologie, vorzugsweise in einem HEMT-(high electron mobility transistor-)Verfahren, ausgeführt. Die Verstärkerstufen sind mit Feldeffekttransistoren bestückte Darlington-Verstärker, deren versorgungsspannungsseitigen Anschlüsse mit einem Kondensator miteinander verbunden sind.

25 In einem für eine Oszillationsfrequenz von etwa 20 Gigahertz ausgelegten Schwingkreis sind als Induktivitäten zwei integriert ausgeführte Spulen vorgesehen. In einem auf eine Oszillationsfrequenz von etwa 40 Gigahertz abgestimmten Schwingkreis sind die Induktivitäten durch koplanare Leitungen gebildet. Zwei Enden der Induktivitäten sind zusammengeschaltet und an eine virtuelle Masse gelegt. Das jeweilige andere Ende jeder Induktivität ist direkt an jeweils einen Eingang eines Darlington-Verstärkers angeschlossen.

30 Jeder Darlington-Verstärker weist zwei parallel geschaltete Eingangsfeldeffekttransistoren sowie einen an die Source-(Quellen-)Anschlüsse der Eingangsfeldeffekttransistoren mit seinem Gate (Tor) angeschlossenen Ausgangsfeldeffekttransistor auf. Die Drain-(Abfluß-)Anschlüsse der Eingangsfeldeffekttransistoren sind jeweils an Steuerspannungen gelegt, mit denen die Oszillationsfrequenz und Phase des Schwingkreises einstellbar sind.

35 An die miteinander verbundenen Source-Anschlüsse der Eingangsfeldeffekttransistoren ist jeweils ein Gate eines Kompensationsfeldeffekttransistors angeschlossen. Die Source- und Drain-Anschlüsse sind zusammengelegt und an eine jeweils mit dem Drain-Anschluß des Ausgangsfeldeffekttransistors des anderen Darlington-Verstärkers verbundene Ausgangsleitung angeschlossen. Durch diese Schaltungstechnik ist die maximale Oszillationsfrequenz erhöht und die Lastrückkopplung auf den Schwingkreis reduziert.

40 Zweckmäßigerweise ist dem Schwingkreis ein Nachverstärker mit zwei Sourcefolgerstufen und einer mit den Ausgangssignalen der Sourcefolgerstufen gespeisten Endverstärkerstufe nachgeschaltet.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Figurenbeschreibung, in der ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert ist. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schwingkreis mit zwei Darlington-Verstärkern,

Fig. 2 eine an den Schwingkreis gemäß der Fig. 1 anschließbaren Nachverstärker und

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel für hybrid aufgebaute Induktivitäten bei einer Auslegung mit einem dielektrischen Resonator.

In der nachfolgenden Beschreibung ist das Wort "Feldeffektransistor" durch die übliche Abkürzung "FET" abgekürzt. Für die Anschlüsse sind die geläufigen Bezeichnungen Drain für den "Abfluß", Gate für das "Tor" und Source für die "Quelle" verwendet.

Fig. 1 zeigt das Schaltbild eines Schwingkreises 1, der über eine Spannungsteilerschaltung 2 an eine Versorgungsspannungsleitung 3 angeschlossen ist. Die Spannungsteilerschaltung 2 weist zwei Dioden 4, 5 und einen ersten Teilerwiderstand 6 auf. Die Dioden 4, 5 und der erste Teilerwiderstand 6 sind in Reihe zwischen einer Schaltmassenleitung 7 und die mit einer negativen Versorgungsspannung beaufschlagten Versorgungsspannungsleitung 3 geschaltet, wobei die Dioden 4, 5 hintereinander in Durchlaßrichtung an die Schaltmassenleitung 7 und der erste Teilerwiderstand 6 an die Versorgungsspannungsleitung 3 gelegt ist. Weiterhin weist die Spannungsteilerschaltung 2 einen zweiten Teilerwiderstand 8 auf, der zwischen die Schaltmassenleitung 7 und den Drain-Anschluß eines Versorgungs-FETs 9 geschaltet ist. Das Gate und der Drain-Anschluß des Versorgungs-FETs 9 sind miteinander verbunden und über einen Anschluß 10 mit einer Stromregelungsspannung beaufschlagbar.

An der Mittelspannung des Spannungsteilers 2 zwischen der Diode 5 und dem ersten Teilerwiderstand 6 ist eine Spannungszuführleitung 11 gelegt. An die Spannungszuführleitung 11 sind die einen Enden von zwei Induktivitäten 12, 13 angeschlossen. Bei einem integriert aufgebauten und für eine Oszillationsfrequenz von etwa 20 Gigahertz ausgelegten Schwingkreis 1 sind die Induktivitäten 12, 13 als integrierte Spulen ausgeführt. Bei einer Auslegung auf eine Oszillationsfrequenz von etwa 40 Gigahertz sind die Induktivitäten 12, 13 als koplanare Streifenleitungen vorgesehen.

Das zweite Ende der Induktivität 12 ist über eine Zuführleitung 14 an die Gates von zwei Eingangs-FETen 15, 16 angeschlossen. Die Source-Anschlüsse der Eingangs-FETen 15, 16 sind miteinander verbunden und an den Drain-Anschluß eines ersten Stromregelungs-FETs 17 geführt, dessen Source-Anschluß an der Versorgungsspannungsleitung 3 liegt. Das Gate des ersten Stromregelungs-FETs 17 ist über eine Stromregelungsleitung 18 mit dem Anschluß 10 verbunden.

An die zusammengelegten Source-Anschlüsse der Eingangs-FETen 15, 16 ist das Gate eines Ausgangs-FETs 19 angeschlossen. Der Drain-Anschluß des Ausgangs-FETs 19 liegt über einen Lastwiderstand 20 an der Schaltmassenleitung 7. Der Source-Anschluß des Ausgangs-FETs 19 ist mit dem Drain-Anschluß eines zweiten Stromregelungs-FETs 21 verbunden, dessen Gate über die Stromregelungsleitung 18 an dem Anschluß 10 liegt und dessen Source-Anschluß mit der Versorgungsspannungsleitung 3 verbunden ist. Die so geschalteten Eingangs-FETen 15, 16 und der Ausgangs-FET 19 bilden einen ersten Darlington-Verstärker 22.

Das zweite Ende der Induktivität 13 ist wie das zweite Ende der Induktivität 12 an einen zweiten Darlington-Verstärker 23 angeschlossen, der wie der erste Darlington-Verstärker 22 aus zwei parallel an eine Zuführleitung 24 angeschlossenen Eingangs-FETen 25, 26 und einen Ausgangs-FET 27, dessen Gate an den miteinander verbundenen Source-Anschlüssen der Eingangs-FETen 25, 26 liegt, gebildet ist. Der Drain-Anschluß des Ausgangs-FETs 27 ist über einen Lastwiderstand 28 mit der Schaltmassenleitung 7 verbunden.

Die Source-Anschlüsse der Eingangs-FETen 25, 26 sind mit dem Drain-Anschluß eines dritten Stromregelungs-FETs 29 verbunden, dessen Gate über die Stromregelungsleitung 18 an dem Anschluß 10 liegt und dessen Source-Anschluß mit der Versorgungsspannungsleitung 3 verbunden ist. Der Source-Anschluß des Ausgangs-FETs 27 ist mit dem Drain-Anschluß eines vierten Stromregelungs-FETs 30 verbunden, dessen Gate über die Stromregelungsleitung 18 ebenfalls an dem Anschluß 10 liegt und dessen Source-Anschluß mit der Versorgungsspannungsleitung 3 verbunden ist.

Die Source-Anschlüsse der Ausgangs-FETen 19, 27 sind über einen Koppelkondensator 31 miteinander verbunden, der die Darlington-Verstärker 22, 23 gegenphasig kapazitiv koppelt.

Die Drain-Anschlüsse der Eingangs-FETen 15, 25 sind an einen ersten Steuerspannungsanschluß 32 und die Drain-Anschlüsse der Eingangs-FETen 16, 26 an einen zweiten Steuerspannungsanschluß 33 angeschlossen. Die Steuerspannungsanschlüsse 32, 33 sind mit unterschiedlichen Steuerspannungen beaufschlagbar, so daß die Oszillationsfrequenz und die Phase des Schwingkreises 1 extern einstellbar sind.

An die Drain-Anschlüsse der Ausgangs-FETen 19, 27 sind zwei Ausgangsleitungen 34, 35 gelegt, die mit Ausgangsanschlüssen 36, 37 verbunden sind. An die erste Ausgangsleitung 34 des ersten Darlington-Verstärkers 22 sind der Source-Anschluß und Drain-Anschluß eines Kompensations-FETs 38 angeschlossen, dessen Gate mit dem Gate des Ausgangs-FETs 27 des zweiten Darlington-Verstärkers 23 verbunden ist. An der Ausgangsleitung 35 des zweiten Darlington-Verstärkers 23 sind der Source-Anschluß und Drain-Anschluß eines zweiten Kompensations-FETs 39 angeschlossen, dessen Gate mit dem Gate des Ausgangs-FETs 19 des ersten Darlington-Verstärkers 22 verbunden ist. Die Verschaltung der Kompensations-FETen 38, 39 dient der gegenphasigen Kopplung von parasitären Kapazitäten und zur Erhöhung der maximalen Oszillationsfrequenz sowie der Reduktion von Rückkopplungen der Last an den Ausgangsanschlüssen 36, 37 des Schwingkreises 1.

Die Oszillationsfrequenz des Schwingkreises 1 ist durch die Kapazitäten der FETen 15, 16, 19 des ersten Darlington-Verstärkers 22, der Kapazitäten der FETen 25, 26, 27 des zweiten Darlington-Verstärkers 23 sowie den Induktivitäten 12, 13 und der Kapazität des Koppelkondensators 31 festgelegt und beträgt in diesem Ausführungsbeispiel 17 Gigahertz. Durch Einstellen der Steuerspannung an dem ersten Steuerspannungsanschluß 32 ist die Oszillationsfrequenz um etwa 1,5 Gigahertz verschiebbar. Durch Einstellen der Steuerspannung an dem zweiten Steuerspannungsanschluß 33 ist eine Veränderung der Oszillationsfrequenz um etwa 650 Megahertz einstellbar. Die Oszillationsfrequenz des Schwingkreises 1 ist somit um etwa 10% bezogen auf die Mittenfrequenz einstellbar, ohne daß Veränderungen an dem Schaltungsaufbau notwendig sind.

Die Linienbreite der Oszillationsfrequenz beträgt bei

halber Intensität etwa 200 Kilohertz. Die Versorgungsspannung ist gegenüber der Schaltmasse negativ und beträgt wenigstens 3 Volt und typischerweise nicht mehr als 5 Volt. Die Stromaufnahme liegt bei etwa 18 Milliampère. Der Schwingkreis 1 ist integriert auf einer Chipfläche von 0,5 Millimeter auf 1 Millimeter ausgeführt und ist somit um ein Vielfaches kleiner als ein Schwingkreis mit einer externen Mikrostreifenleitung als Induktivität. Durch die Verwendung von Gallium-Arsenid-FETen, welche einen hohen Leitungs-Valenzbandabstand aufweisen, ist weiterhin eine hohe Temperaturstabilität der Oszillationsfrequenz erreicht.

Durch die Verwendung von FETen, der differentiellen Eingangsbeschaltung und der rein kapazitiven Kopplung der Darlington-Verstärker 22, 23 ist ein sehr großer negativer differentieller Eingangswiderstand und einem hohen sowie rauscharmes Ausgangssignal erreichbar. Bei der integrierten Ausführung ist durch den vollkommen symmetrisch ausführbaren Aufbau eine vollständig balancierte Schaltung erhältlich, die zwei in ihren Pegeln ausgewogene Teilsignale liefert.

Die Ausgangsleitungen 34, 35 sind vorteilhafterweise an einen in Fig. 2 als Schaltbild dargestellten Nachverstärker 40 angeschlossen. Die Ausgangsleitung 34 liegt an dem Eingang eines zweistufigen, durch Nachverstärkungs-FETen 41, 42 gebildeten Sourcefolgers an. Die Ausgangsleitung 35 speist einen weiteren, durch Nachverstärkungs-FETen 43, 44 gebildeten zweistufigen Sourcefolger. Die Drain-Anschlüsse der Nachverstärkungs-FETen 41, 42, 43, 44 sind an die Schaltmassenleitung 7 angeschlossen. Die Source-Anschlüsse der Nachverstärkungs-FETen 41, 42, 43, 44 liegen über die Drain-Source-Strecke von selbstleitenden Strombegrenzungs-FETen 45, 46, 47, 48 an der Versorgungsspannungsleitung 3, an die die Gates der Strombegrenzungs-FETen 45, 46, 47, 48 angeschlossen sind.

Der Nachverstärker 40 weist weiterhin eine Endverstärkerstufe 49 auf, die aus zwei Endverstärkungs-FETen 50, 51 gebildet ist. Das Gate des Endverstärkungs-FETs 50 ist an dem Source-Anschluß des Nachverstärkungs-FETs 42 und das Gate des Endverstärkungs-FETs 51 an dem Source-Anschluß des Nachverstärkungs-FETs 44 angeschlossen. Die miteinander verbundenen Source-Anschlüsse der Endverstärkungs-FETen 50, 51 sind mit dem Drain-Anschluß eines selbstleitenden Strombegrenzungs-FETs 52 verbunden, dessen Gate und Source-Anschluß an der Versorgungsspannungsleitung 3 angeschlossen ist. Die Drain-Anschlüsse der Endverstärkungs-FETen 50, 51 sind an Verstärkerausgangsanschlüssen 53, 54 angeschlossen.

Mit dem dem Schwingkreis 1 nachgeschalteten Nachverstärker 40 ist die Impedanz auf einen in der Hochfrequenztechnik üblichen Wert von 50 Ohm umsetzbar. Weiterhin ist durch entsprechende Dimensionierung der Strombegrenzungs-FETen 45, 46, 47, 48, 52 der Pegel der Ausgangssignale an den Verstärkerausgangsanschlüssen 53, 54 auf den für die Anwendung geeigneten Wert einstellbar. In einem abgewandelten, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Strombegrenzungs-FETen über die Gates mit einer Verstärkungssteuerspannung beaufschlagbar. Durch Einstellen der Verstärkungssteuerspannung ist der Pegel des Ausgangssignales dieses Nachverstärkers einstellbar.

Die Güte des Schwingkreises 1 ist wesentlich von der Güte der Induktivitäten 12, 13 bestimmt. Bei einer hybrid ausgeführten Realisierung des Schwingkreises 1 mit sehr hoher Güte sind die Induktivitäten 12, 13 durch viertelkreisbogenförmige Leiterbahnen 55, 56 ausge-

führt, die an einem Ende zusammengeschaltet einen dielektrischen Resonator 57 insgesamt halbkreisförmig mit einem Abstand umgeben. Die Leiterbahnen 55, 56 sind über die Spannungsführungsleitung 11 an die Spannungsteilerschaltung 2 angeschlossen. Die Leiterbahn 55 geht mit ihrem anderen Ende in die Zuführleitung 14 und die Leiterbahn 56 mit ihrem anderen Ende in die Zuführleitung 24 über, welche an die Eingangs-FETen 16, 16, 25, 26 der Darlington-Verstärker 22, 23 angeschlossen sind. Der Schwingkreis 1 ist weiterhin vollkommen symmetrisch aufgebaut, so daß die Signale in den Ausgangsleitungen 34, 35 sehr genau gegenphasig bei gleichem Pegel sind. Der dielektrische Resonator 57 ist nach Erstellung des monolithisch integrierten Schaltkreises eingebracht.

#### Patentansprüche

1. Schwingkreis mit wenigstens zwei kapazitätsbehafteten Verstärkerstufen (22, 23), deren versorgungsspannungsseitigen Ausgänge paarweise über eine Kapazität (31) miteinander gekoppelt sind, und wenigstens einer Induktivität, die mit dem Eingang wenigstens einer Verstärkerstufe (22, 23) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingänge (14, 24) jeder Verstärkerstufe (22, 23) über jeweils eine Induktivität (12, 13) mit einer Spannung beaufschlagbar sind.
2. Schwingkreis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktivitäten (12, 13) durch monolithisch integrierte Spulen gebildet sind.
3. Schwingkreis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktivitäten (12, 13) durch monolithisch integrierte koplanare Mikrostreifenleitungen ausgeführt sind.
4. Schwingkreis nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktivitäten (12, 13) durch zwei einen kreisförmigen dielektrischen Resonator (57) kreisbogenförmig mit einem Abstand umgebende Leiterbahnen (55, 56) gebildet sind.
5. Schwingkreis nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktivitäten (12, 13) an die Eingänge von zwei in Darlington-Schaltung ausgeführte Verstärkerstufen (22, 23) angeschlossen sind, die jeweils zwei parallele Eingangstransistoren (15, 16, 25, 26) und jeweils einen Ausgangstransistor (19, 27) aufweisen.
6. Schwingkreis nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Versorgungsspannung wegweisenden Ausgänge der ersten Eingangstransistoren (15, 25) an einen ersten Anschluß (32) und die von der Versorgungsspannung wegweisenden Ausgänge der zweiten Eingangstransistoren (16, 26) an einen zweiten Anschluß (33) angeschlossen sind, wobei die Anschlüsse (32, 33) jeweils mit einer einstellbaren Spannung beaufschlagbar sind.
7. Schwingkreis nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die schaltmassenseitigen Enden der Induktivitäten (12, 13) miteinander verbunden und an einen stabilisierten Spannteiler (4, 5, 6) angeschlossen sind.
8. Schwingkreis nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkerstufen (22, 23) über Kompensationstransistoren (38, 39) miteinander gekoppelt sind, wobei die Eingänge der Kompensationstransistoren (38, 39) an den Eingängen der Ausgangstransistoren (19, 27) jeweils einer Verstärkerstufe (22, 23) und die miteinander

verbundenen Ausgänge der Kompensationstransistoren (38, 39) an dem schaltmassenseitigen Ausgang der jeweils anderen Verstärkerstufe (22, 23) angeschlossen sind.

9. Schwingkreis nach einem der Ansprüche 1 bis 8, 5 dadurch gekennzeichnet, daß die an die Verstärkerstufen (22, 23) angeschlossenen Ausgangsleitungen (34, 35) an einen Nachverstärker (40) angeschlossen sind.

10

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

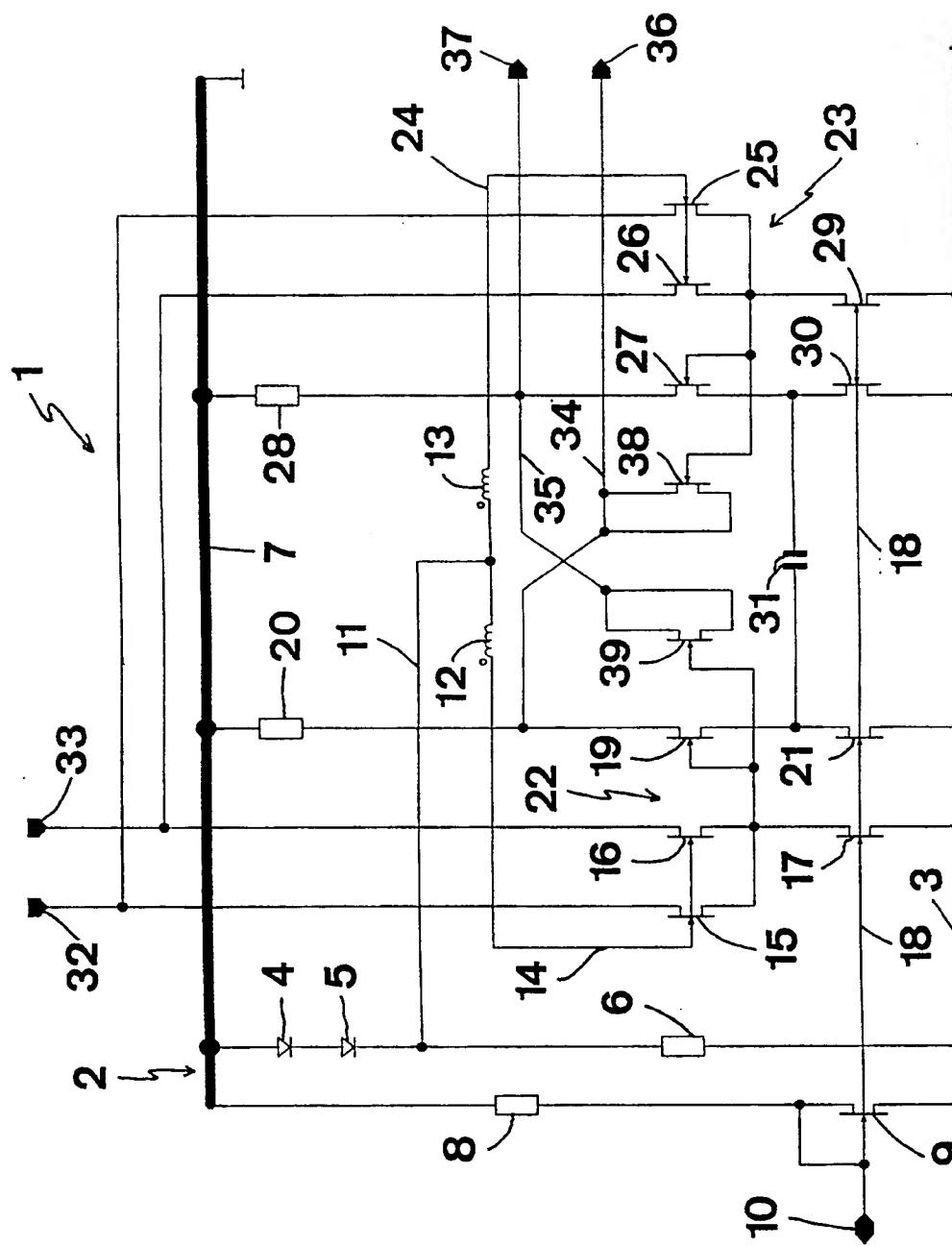


Fig. 1

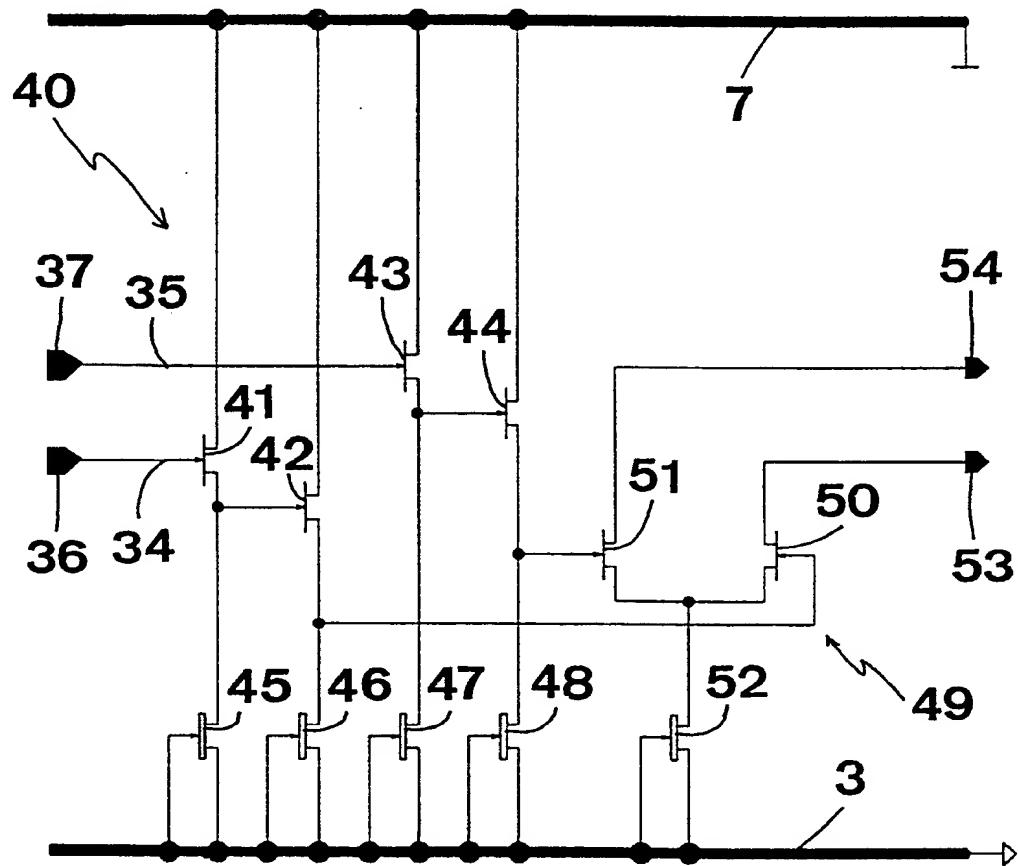


Fig. 2

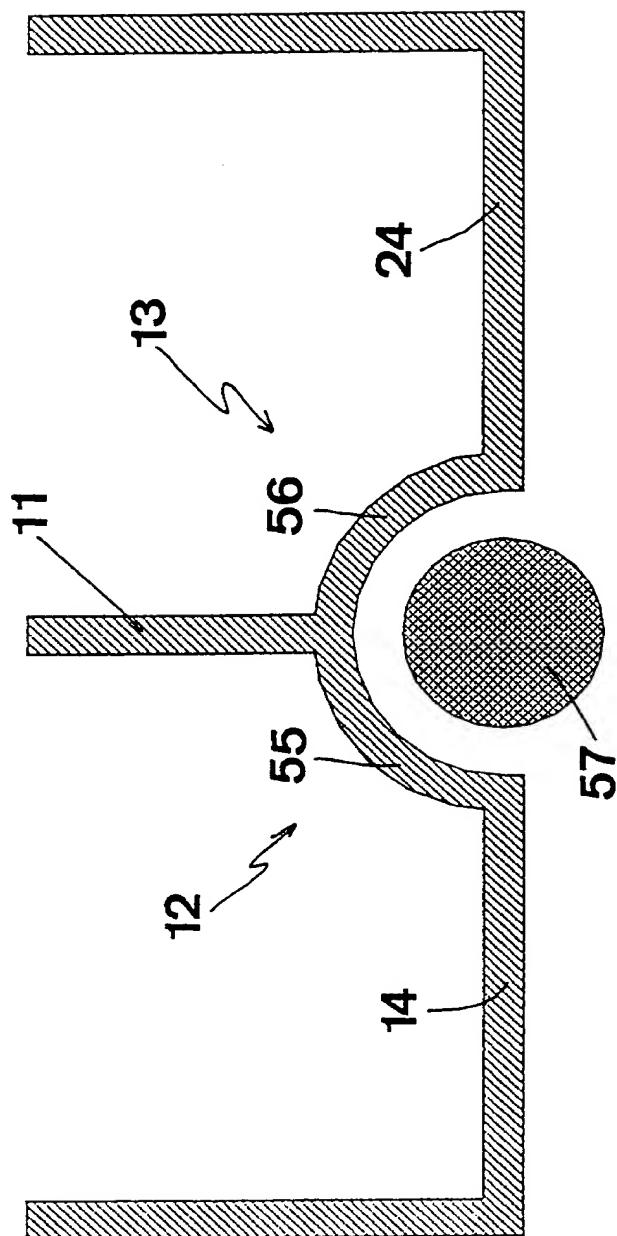


Fig. 3